太子参茎叶多糖对断奶仔猪生长性能和血清抗氧化指标、免疫指标及生化指标的影响

蔡旭滨[1] 陈凌锋[1] 檀新珠[1] 林国徐[2] 马玉芳[1*] 黄一帆[1*]

(1.福建农林大学福建省兽医中药与动物保健重点实验室，福州 350002；2.莆田市优利可农牧发展有限公司，莆田 351100）

摘 要：本试验旨在研究饲粮中添加太子参茎叶多糖对断奶仔猪生长性能和血清抗氧化指标、免疫指标及生化指标的影响。选取 25 日龄“大×长”断奶仔猪 120 头，随机分成 4 个组（对照组、Ⅰ组、Ⅱ组、Ⅲ组），每组 3 个重复，每个重复 10 头猪，分别在基础饲粮中添加 0、500、1 000、1 500 mg/kg 的太子参茎叶多糖，试验期 30 d。结果表明：与对照组相比，1）Ⅰ和Ⅱ组断奶仔猪的平均日增重（ADG）极显著升高（P<0.01），Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组的腹泻率极显著降低（P<0.01）。2）Ⅱ和Ⅲ组的血清超氧化物歧化酶（SOD）活性极显著或显著升高（P<0.01 或 P<0.05）。3）Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组的血清免疫球蛋白 A（IgA）、补体 3（C3）、补体 4（C4）含量极显著升高（P<0.01），血清免疫球蛋白 M 含量显著升高（P<0.05）；Ⅱ和Ⅲ组的血清免疫球蛋白 G（IgG）含量显著升高（P<0.05）。4）Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组的血清甘油三酯（TG）含量极显著降低（P<0.01）；Ⅱ和Ⅲ组的血清尿素氮（UN）含量极显著降低（P<0.01），血清白蛋白（ALB）含量极显著升高（P<0.01）。研究结果表明，饲粮中添加太子参茎叶多糖可有效提高断奶仔猪的 ADG，降低腹泻率，提高免疫功能，改善机体的抗氧化性能和血清生化指标。在本试验条件下，太子参茎叶多糖在断奶仔猪饲粮中的适宜添加量为 1 000 mg/kg。

关键词：太子参茎叶多糖；断奶仔猪；生长性能；抗氧化指标；免疫指标；生化指标

中图分类号：S828 文献标识码： 文章编号：

收稿日期：2016-05-16
基金项目：福建省科技厅产学研专项（K5214002A）
作者简介：蔡旭滨（1991-），男，福建漳州人，硕士研究生，研究方向为中西医兽医结合。E-mail: 18659155458@163.com
*通信作者：马玉芳，教授，硕士生导师，E-mail: myfau850@sohu.com；黄一帆，教授，博士生导师，E-mail: zjhyfang@163.com

断奶仔猪由于受到断奶应激，往往表现出食欲差、生长速度缓慢、饲料利用率低和腹泻等症状，而在仔猪饲粮中添加中药多糖可以有效提高仔猪的生长性能[1]和免疫功能[2]、降低腹泻率[3-4]。太子参（*Radix pseudostellariae*）为石竹科植物孩儿参[*Pseudostellaria heterophylla* (Miq.) Pax ex Pax et Hoffm]的干燥块根，太子参多糖具有抗应激和增强免疫等功效[5]。太子参主要分布在华东、华中、华北和西北等地，福建、山东、江苏和安徽等省有种植[6]，尤以福建省柘荣县种植的太子参质量好且数量多，其太子参产量占全国的 60%以上，年产太子参 4 900 多 t[7]，但多数太子参茎叶被遗弃或焚烧，造成极大的浪费和污染。有报道认为，太子参茎叶饲喂仔猪可以提高仔猪的抗应激能力和抗氧化功能[8]；研究也表明，太子参茎叶中的多糖含量可达 5%~10%[9]；但太子参茎叶多糖在断奶仔猪中的应用鲜见报道。本研究在断奶仔猪基础饲粮中添加太子参茎叶多糖，通过检测试验猪的生长性能和血清抗氧化指标、免疫指标及生化指标，探讨太子参茎叶多糖对断奶仔猪的保健作用及可能的作用机理，为其在断奶仔猪中的应用提供科学依据，同时亦为太子参茎叶的进一步深入开发提供数据借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

太子参茎叶多糖为粉末状，购于陕西藤迈生物科技有限公司，以葡萄糖为标准品，苯酚–硫酸法[10]测得多糖含量为 70%。

1.2 主要仪器

RT-9900 半自动生化分析仪（深圳雷杜生命科学有限公司）；VIS-7200 型可见分光光度计（上海美普达仪器有限公司）；OLYMPUS AU2700 型全自动化学免疫分析仪（OLYMPUS 公司）：Sk-1 快速混匀器（金坛市科析仪器有限公司）；HH-2 数显恒温水浴锅（国华电器有限公司）。

1.3 试验动物与试验设计

选取胎次、体重相近的 25 日龄断奶仔猪 120 头，随机分成 4 个组，分别为：对照组，饲喂基础饲粮；Ⅰ组：饲喂基础饲粮+500 mg/kg 太子参茎叶多糖；Ⅱ组：饲喂基础饲粮+1 000 mg/kg 太子参茎叶多糖；Ⅲ组：饲喂基础饲粮+1 500 mg/kg 太子参茎叶多糖。每组 3 个重复，每个重复 10 头猪。试验期间所有仔猪自由采食干粉料，自由饮水，预试期饲喂基础

饲粮，按照猪场常规管理程序进行驱虫与免疫防疫。试验预试期 5 d，正试期 30 d。基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis)　　%

项目 Items	第 1 阶段（30~45 日龄） Phase 1 (30 to 45 days of age)	第 2 阶段（46~60 日龄） Phase 2 (46 to 60 days of age)
原料 Ingredients		
玉米 Corn	53.00	60.00
豆粕 Soybean meal	6.00	11.00
膨化全脂大豆 Extruded full-fat soybean	13.00	11.00
乳清粉 Whey powder	12.00	6.00
血浆蛋白粉 Plasma protein powder	5.00	
鱼粉 Fish meal	3.50	5.00
柠檬酸 Citric acid	1.50	1.00
蔗糖 Sugar	2.00	2.00
预混料 Premix1)	4.00	4.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels2)		
消化能 DE/(MJ/kg)	14.07	13.96
粗蛋白质 CP	18.00	17.00
赖氨酸 Lys	1.30	1.15
蛋氨酸 Met	0.35	0.34
苏氨酸 Thr	0.87	0.74
色氨酸 Try	0.24	0.21
钙 Ca	0.83	0.78

有效磷 AP	0.68	0.65

1)预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of diets: VA 15 000 IU，VD_3 8 000 IU，VE 60 IU，VK 2.5 IU，VB_1 30 mg，VB_2 10 mg，VB_6 30 mg，VB_{12} 30 μg，烟酸 nicotinic acid 260 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 250 mg，叶酸 folic acid 1.2 mg，氯化胆碱 choline chloride 500 mg，生物素 biotin 1.4 mg，Cu (as copper sulfate) 50 mg，Fe (as ferrous sulfate) 120 mg，Mn (as manganese sulfate) 40 mg，Zn (as zinc sulfate)80 mg，I（as potassium iodide）0.6 mg，Se (as sodium selenite) 0.3 mg。

2)消化能为计算值，其他营养水平为实测值。DE was a calculated value, while the other nutrient levels were measured values.

1.4　样品的采集

试验结束时，每个重复随机选取 3 头体重接近平均体重的仔猪，前腔静脉采血 4~5 mL，3 000 r/min 离心 10 min，收集血清，Eppendorf 管分装，-20 ℃保存，待测。

1.5　测定指标及方法

1.5.1　生长性能

试验仔猪在试验开始和结束时分别逐只空腹称重，用于计算平均日增重（ADG）；试验期间记录各组试验仔猪的日采食量，用于计算各组的平均日采食量（ADFI）和料重比（F/G）。试验期间每天观察仔猪的精神状态、排粪情况，记录腹泻仔猪数，用于计算试验仔猪的腹泻率，计算公式：

腹泻率（%）＝100×［（每天腹泻头数×腹泻天数）/（试验仔猪头数×试验天数）］。

1.5.2　血清抗氧化指标

血清超氧化物歧化酶（SOD）活性采用黄嘌呤氧化酶法测定，丙二醛（MDA）含量采用硫代巴比妥酸法测定，总抗氧化能力（T-AOC）采用 Fe^{3+}还原法测定，过氧化氢酶（CAT）和谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性采用比色法测定。指标测定所用试剂盒均购自南京建成生物工程研究所，测定仪器为 VIS-7200 型可见光分光光度计，具体操作步骤按试剂盒说明书进行。

1.5.3　血清免疫指标

血清免疫球蛋白 G（IgG）、免疫球蛋白 M（IgM）、免疫球蛋白 A（IgA）、补体 3(C3)

和补体 4(C4)含量均采用免疫比浊法测定，试剂盒均购自浙江伊利康生物技术有限公司，测定仪器为 RT-9900 半自动生化分析仪，具体操作步骤按试剂盒说明书进行。

1.5.4 血清生化指标

血清甘油三酯（TG）、总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、肌酐（CREA）、尿素氮（UN）含量和碱性磷酸酶（ALP）、谷草转氨酶（AST）、谷丙转氨酶（ALT）活性由福州市空军医院检验科协助检测，试剂盒均购自北京利德曼生化股份有限公司，测定仪器为 OLYMPUS AU2700 型全自动化学免疫分析仪。

1.6 数据统计分析

试验数据用“平均值±标准差”表示，采用 SPSS 17.0 软件进行单因素方差（one-way ANOVA)分析，LSD 法进行多重比较，P<0.05 为差异显著，P<0.01 为差异极显著。

2 结 果

2.1 太子参茎叶多糖对断奶仔猪生长性能的影响

由表 2 可知，与对照组相比，Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组断奶仔猪的 ADG 分别升高了 14.40%(P<0.01)、18.54%（P<0.01）和 6.18%（P>0.05）；Ⅱ组的 ADG 显著高于 III 组（P<0.05）。与对照组相比，Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组的腹泻率分别降低了 58.89%（P<0.01）、64.72%（P<0.01）和 55.97%（P<0.01）；但Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组间的腹泻率差异不显著（P>0.05）。Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组的 ADFI 和 F/G 差异不显著（P>0.05）。

表 2 太子参茎叶多糖对断奶仔猪生长性能的影响

Table 2 Effects of *Radix pseudostellariae* stem and leaf polysaccharide on growth performance of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
始重 Initial body weight/kg	8.07±0.74	8.01±0.99	8.07±0.88	8.03±1.07
末重 Final body weight/kg	18.79±2.49^{Aa}	20.28±2.09^{ABb}	20.78±2.09^{Bb}	19.41±2.88^{ABab}

平均日采食量 ADFI/g	610.73±41.93	668.64±69.92	684.15±53.10	628.74±28.74
平均日增重 ADG/g	357.28±76.01^{Aa}	408.72±53.26^{Bbc}	423.53±53.42^{Bc}	379.35±79.03^{ABab}
料重比 F/G	1.71±0.01	1.63±0.11	1.61±0.04	1.64±0.08
腹泻率 Diarrhea rate/%	3.77±0.83^{Bb}	1.55±0.31^{Aa}	1.33±0.54^{Aa}	1.66±0.27^{Aa}

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），不同大写字母表示差异极显著（*P*<0.01）。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), and with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), while with different capital letter superscripts mean very significant difference (*P*<0.01). The same as below.

2.2 太子参茎叶多糖对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

由表 3 可知，与对照组相比，Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组断奶仔猪的血清 SOD 活性分别升高了 9.41%（*P*>0.05）、18.68%（*P*<0.01）和 14.12%（*P*<0.05）；但Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组的血清 SOD 活性差异不显著（*P*>0.05）。Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组的血清 MDA 含量、CAT 和 GSH-Px 活性以及 T-AOC 差异不显著（*P*>0.05）。

表 3 太子参茎叶多糖对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

Table 3 Effects of *Radix pseudostellariae* stem and leaf polysaccharide on serum antioxidant indexes of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	4.35±1.34	5.01±0.78	5.12±1.20	5.11±1.09
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	0.72±0.32	0.64±0.37	0.64±0.29	0.62±0.28

超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	48.45±4.47^{Aa}	53.01±3.40^{ABab}	57.50±5.65^{Bb}	55.29±6.41^{ABb}
过氧化氢酶 CAT/(U/mL)	6.56±1.96	6.70±1.64	6.83±1.99	7.30±1.27
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL)	316.93±33.26	333.75±34.58	337.53±35.11	326.25±35.42

2.3 太子参茎叶多糖对断奶仔猪血清免疫指标的影响

由表 4 可知，与对照组相比，Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组断奶仔猪的血清 IgA 含量分别升高了 41.92%（P<0.01）、60.40%（P<0.01）和 58.04%（P<0.01）；血清 IgG 含量分别升高了 8.17%（P>0.05）、9.57%（P<0.05）和 10.55%（P<0.05）；血清 IgM 含量分别升高了 17.53%（P<0.05）、19.36%（P<0.05）和 21.39%（P<0.05）；血清 C3 含量分别升高了 26.61%（P<0.01）、38.89%（P<0.01）和 33.78%（P<0.01）；血清 C4 含量分别升高了 37.72%（P<0.01）、53.96%（P<0.01）和 56.91%（P<0.01）。Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组的血清免疫指标差异均不显著（P>0.05）。

表 4 太子参茎叶多糖对断奶仔猪血清免疫指标的影响

Table 4 Effects of *Radix pseudostellariae* stem and leaf polysaccharide on serum immune indexes of weaned piglets mg/L

项目 Items	对照组 Control group	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
免疫球蛋白 A IgA	68.11±17.09^{Aa}	96.66±15.04^{Bb}	109.25±24.93^{Bb}	107.64±15.87^{Bb}
免疫球蛋白 G IgG	2 084.82±231.28^{Aa}	2 255.12±152.03^{Aab}	2 284.42±217.80^{Ab}	2 304.79±150.11^{Ab}
免疫球蛋白 M IgM	558.61±95.55^{Aa}	656.51±98.96^{Ab}	666.76±47.73^{Ab}	678.08±104.96^{Ab}
补体 3 C3	95.98±19.81^{Aa}	121.52±18.87^{Bb}	133.31±17.42^{Bb}	128.40±20.98^{Bb}
补体 4 C4	54.19±11.74^{Aa}	74.63±11.35^{Bb}	83.43±14.68^{Bb}	85.03±22.36^{Bb}

2.4　太子参茎叶多糖对断奶仔猪血清生化指标的影响

由表 5 可知，与对照组相比，Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组断奶仔猪的血清 TG 含量分别降低了 22.06%（*P*<0.01）、33.82%（*P*<0.01）和 30.88%（*P*<0.01）；血清 UN 含量分别降低了 18.21%（*P*<0.05）、19.20%（*P*<0.01）和 22.84%（*P*<0.01）；血清 ALB 含量分别升高了 2.10%（*P*>0.05）、13.14%（*P*<0.01）和 11.07%（*P*<0.01）。Ⅰ组血清 ALB 含量显著低于Ⅱ和Ⅲ组（*P*<0.05）。Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组的血清 TP、CREA 含量及 ALP、AST、ALT 活性无显著差异（*P*>0.05）。

表 5　太子参茎叶多糖对断奶仔猪血清生化指标的影响

Table 5　Effects of *Radix pseudostellariae* stem and leaf polysaccharide on serum biochemical indexes of weaned piglets

项目 Items	对照组 Control group	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.68±0.09^Bb^	0.53±0.11^Aa^	0.45±0.07^Aa^	0.47±0.07^Aa^
碱性磷酸酶 ALP(U/L)	277.33±34.67	288.33±23.45	293.56±18.90	286.22±29.96
尿素氮 UN/(mmol/L)	3.02±0.33^Bb^	2.47±0.47^ABa^	2.44±0.39^Aa^	2.33±0.61^Aa^
总蛋白 TP/(g/L)	50.87±1.69	50.99±2.99	53.83±4.04	52.10±2.00
白蛋白 ALB/(g/L)	27.10±1.85^Aa^	27.67±3.31^ABa^	30.66±1.58^BCb^	30.10±1.62^BCb^
肌酐 CREA/(mmol/L)	78.47±6.17	79.09±8.82	74.39±5.03	71.59±10.05
谷草转氨酶 AST/(U/L)	52.00±10.14	54.83±6.65	53.13±8.32	57.00±5.62
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	56.89±13.61	47.33±11.00	54.11±9.56	55.67±7.65

3　讨　论

3.1　太子参茎叶多糖对断奶仔猪生长性能的影响

仔猪饲粮中添加中药多糖能有效刺激胃肠道，促进消化腺酶的分泌和饲粮养分的吸收，提高仔猪的 ADG，有利于仔猪的健康生长[11]。薛凌峰[4]研究表明，仔猪饲粮中添加香菇多糖能够增加采食量和 ADG，改善仔猪的生长性能；杨侃侃等[3]研究表明，饲粮中添加适宜水平的刺五加多糖能够促进断奶仔猪对养分的消化，显著增加 ADG，提高仔猪的生长性能。饲粮中添加中药多糖还可有效减少腹泻率，改善仔猪的生长性能[12]。彭慧珍[13]研究报道，饲粮中添加适宜的白术粗多糖能显著降低仔猪的腹泻率，使仔猪的生长性能得到改善；Zhao 等[14]研究表明，仔猪饲粮中添加桑叶多糖能够促进肠道健康，有效降低仔猪的腹泻率，提高仔猪的生长性能。本试验结果显示，饲粮中添加太子参茎叶多糖能够升高仔猪的 ADFI 和 ADG，显著降低仔猪的腹泻率，说明太子参茎叶多糖与上述多糖有类似功能，能够促进养分的消化，提高仔猪的 ADG，降低腹泻率，提高仔猪的生长性能。但太子参茎叶多糖的添加量与仔猪的生长性能并不呈剂量依赖关系，原因可能是太子参茎叶多糖味微苦，在饲粮中大剂量添加可能会使饲粮的适口性降低，导致仔猪的采食量下降。亦有文献报道[15]多糖添加剂量过大反而会造成断奶仔猪对营养物质的消化率降低，这可能是由于多糖能结合大量的水，导致消化道中食糜黏度增加，降低了饲粮营养物质与酶的相互作用，减缓了营养成分从饲粮中溶出的速度，使饲粮的利用率下降。

3.2 太子参茎叶多糖对断奶仔猪血清抗氧化指标的影响

机体在代谢过程中会产生自由基，自由基具有极强的氧化能力，使生物膜中的不饱和脂类发生过氧化，形成脂质过氧化物，其最终产物便是 MDA[16]。因此 MDA 的含量可以反映体内的氧化作用，间接地反映细胞的损伤程度。动物体内存在一套完整的抗氧化系统，包括酶类和非酶类清除机制。酶类系统主要包括 SOD、GSH-Px、CAT 等。SOD 是机体内重要的抗氧化酶之一，在清除自由基和防止生物分子损伤等方面具有十分重要的作用[17]。中药多糖通过作用于细胞特定抗体，活化抗氧化转录因子，激活抗氧化信号通路，上调抗氧化酶的表达，以中和过量的自由基来达到抗氧化的目的[18]。熟地黄多糖[19]、党参多糖[20]等均可提高仔猪机体抗氧化酶的活性，抑制脂质过氧化反应以增强抗氧化功能。本试验结果表明，饲粮中添加太子参茎叶多糖可提高断奶仔猪的血清 SOD 活性，降低 MDA 含量，提示太子参茎叶多糖可能与上述多糖有类似功能，通过提高仔猪机体的抗氧化酶活性来增

强抗氧化功能，减轻自由基对机体的损伤。本试验中其他血清抗氧化指标如 CAT、GSH-Px 活性和 T-AOC 无显著变化，这可能是由于机体的抗氧化系统中存在着某种平衡调节机制，即 SOD、CAT 和 GSH-Px 活性以及 T-AOC 在某种状况下并非同时增加，而是一种机制激活时，另一种可能处于抑制状态[19]，具体抗氧化调节机理有待进一步深入研究。

3.3 太子参茎叶多糖对断奶仔猪血清免疫指标的影响

血清免疫球蛋白是体液免疫系统的重要组成成分[21]。IgG 有抗菌、抗病毒和抗毒素作用，它能中和毒素使其失去毒性；IgM 是机体初次接触抗原物质产生的抗体，也有抗菌、抗病毒和中和毒素的功能；IgA 对机体呼吸道、消化道等局部黏膜免疫起着“屏障”功能[22]，也是黏膜免疫的主要抗体[23]。中草药多糖可解除环磷酰胺对抗体形成的细胞抑制作用，增强 B 细胞的功能，对淋巴细胞有较强的活化作用，能提高机体免疫球蛋白含量[24]。研究报道，刺五加多糖[3]和朴菇多糖[25]等均可不同程度地提高仔猪血清免疫球蛋白的含量，增强机体的体液免疫功能。本试验结果显示，饲粮中添加太子参茎叶多糖可提高断奶仔猪的血清 IgA、IgG 和 IgM 含量，说明太子参茎叶多糖与上述多糖有类似功能，可能通过增加淋巴细胞数量，提高淋巴细胞转化率，增加免疫球蛋白含量，最终增强仔猪的体液免疫功能。活化的补体在宿主免疫中发挥着免疫调节及预防外来病原微生物入侵的作用[26-27]，C3、C4 主要参与免疫和非免疫途径的激活作用，吸引吞噬细胞以及参与对异物的排斥反应。此外，补体还能加快免疫应答。本试验结果显示，饲粮中添加太子参茎叶多糖可极显著提高断奶仔猪的血清 C3、C4 含量，说明太子参茎叶多糖可以使仔猪免疫和非免疫途径的激活能力得到加强，增强仔猪机体的免疫功能。金线莲多糖[28]、芪苓制剂多糖[29]等中药多糖可极显著提高正常小鼠和免疫抑制小鼠的血清 C3、C4 含量，与本试验结果相一致。

3.4 太子参茎叶多糖对断奶仔猪血清生化指标的影响

血清 TG 含量在一定程度上可以反映仔猪体内脂肪代谢状况，TG 含量过高提示脂肪代谢障碍。本试验中，Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ组断奶仔猪的血清 TG 含量极显著低于对照组，表明太子参茎叶多糖能够促进仔猪脂肪代谢，使更多的脂肪氧化，提供机体合成蛋白质所需的能量，促进仔猪的生长。血清 TP 和 ALB 含量直接反映了机体蛋白质的吸收、合成及分解状

况，同时也反映了机体的免疫机能状态[30]。血清 UN 含量反映了氨基酸合成蛋白质效率的高低，UN 含量的降低反映了动物蛋白质合成、代谢增强，反之，则减弱[30]。薛凌峰[4]报道，仔猪饲粮中添加香菇多糖有提高血清 TP、ALB、球蛋白含量和降低血清 UN 含量的趋势。彭慧珍[13]报道，饲粮中添加白术粗多糖提高了血清 TP 和 ALB 含量，降低了血清 UN 含量，促进了仔猪蛋白质的合成。本试验结果显示，饲粮中添加太子参茎叶多糖可提高仔猪血清 TP、ALB 含量，降低 UN 含量，表明太子参茎叶多糖可以促进机体蛋白质的合成，从而促进仔猪的生长。

血液中的 ALP 主要来源于肝脏，当肝细胞变性、坏死，细胞膜破裂或通透性升高时，ALP 流入血液中，使血清 ALP 活性升高，ALP 活性可反映肝细胞变性、坏死程度[19]。ALT 和 AST 是广泛存在于动物线粒体中的重要的氨基酸转氨酶，其活性的变化也是反映肝细胞和心脏细胞损伤的主要敏感指标[31]。CREA 主要由肌肉代谢的肌酸产生，通过肾脏排泄到体外，是反映肾脏损伤的主要敏感指标[32]。本试验结果显示，饲粮中添加太子参茎叶多糖对断奶仔猪的血清 AST、ALT 和 ALP 活性及 CREA 含量均无显著影响，说明断奶仔猪饲粮中添加太子参茎叶多糖是安全的。

4 结 论

饲粮中添加太子参茎叶多糖可有效提高断奶仔猪的 ADG，降低腹泻率，提高免疫功能，改善机体的抗氧化性能和血清生化指标。在本试验条件下，太子参茎叶多糖在断奶仔猪饲粮中的适宜添加量为 1 000 mg/kg。

参考文献：

[1] 黄达军.复合中草药多糖对断奶仔猪生产性能的影响[J].畜禽业,2013(3):32–34.

[2] 韩杰.刺五加多糖对断奶仔猪免疫功能的调控作用及机理研究[D].博士学位论文.沈阳:沈阳农业大学,2013.

[3] 杨侃侃,边连全,刘显军,等.刺五加多糖对断奶仔猪生长性能、血清免疫指标及粪便微生物菌群的影响[J].动物营养报,2013,25(3):628–634.

[4] 薛凌峰.香菇多糖对仔猪生产性能、免疫功能及抗氧化能力影响的研究[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2008.

[5] 刘训红,陈彬,王玉玺.太子参多糖抗应激和免疫增强作用的实验研究[J].江苏中医,2000,21(10):51–52.

[6] 吴朝峰.太子参茎尖培养脱毒及增产效果的研究[D].硕士学位论文.福州:福建农林大学,2004.

[7] 曾丽娜.高质量太子参栽培技术及其连作障碍自毒机制的研究[D].硕士学位论文.福州:福建农林大学,2013.

[8] 雷松波,池春梅,金其全,等.太子参茎叶对断乳仔猪抗氧化和抗应激能力的影响[J].福建畜牧兽医,2014,36(6):28–30.

[9] 曾丽娜,袁玉虹,黄淑燕,等.不同采收时间、不同入药部位太子参有效药用成分含量的比较[J].福建林业,2014(2):25–26.

[10] 唐楷,颜杰,李富兰.微波辅助提取叶下珠中多糖工艺研究[J].现代食品科技,2013,29(6):1359–1361.

[11] 刘祝英.复合多糖对断奶仔猪生产性能和免疫功能影响的研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2007.

[12] 刘惠.中草药复合粗多糖对断奶仔猪肠道消化生理影响的研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2007.

[13] 彭慧珍.白术粗多糖对断奶仔猪生长与免疫性能影响的研究[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2006.

[14] ZHAO X J,LI L,LUO Q L,et al.Effects of mulberry (*Morus alba* L.) leaf polysaccharides on growth performance,diarrhea,blood parameters,and gut microbiota of early-weanling pigs[J].Livestock Science,2015,177:88–94.

[15] 李同洲,侯伟革,臧素敏,等.黄芪多糖对断奶仔猪生产性能的影响[J].中国饲料,2007(12):36–38.

[16] 陈媛,周玫.自由基医学[M].北京:人民军医出版社,1991:453–464.

[17] 杨小虎.红芪多糖抗氧化作用研究[D].硕士学位论文.兰州:甘肃农业大学,2010.

[18] YANG Y,LI W,LI Y,et al.Dietary *Lycium barbarum* polysaccharide induces Nrf2/ARE pathway and ameliorates insulin resistance induced by high-fat via activation of PI3K/AKT signaling[J].Oxidative Medicine and Cellular Longevity,2014,2014:145641.

[19] 杨兵,夏先林,施晓丽,等.熟地黄多糖对断奶仔猪抗氧化性能和免疫性能的影响[J].江苏农业学报,2012,28(4):787–791.

[20] 许爱霞,张振明,葛斌,等.党参多糖抗衰老作用机制的实验研究[J].中国现代应用药学,2006,23(8):729–731.

[21] WILSON M R,VAN RAVENSTEIN E,MILLER N W,et al.cDNA sequences and organization of IgM heavy chain genes in two holostean fish[J].Developmental & Comparative Immunology,1995,19(2):153–164.

[22] 杨汉春.动物免疫学[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2003:255–256.

[23] SUN P ,WANG J Q,ZHANG H T.Effects of *Bacillus subtilis natto* on performance and immune function of preweaning calves[J].Journal of Dairy Science,2010,93(12):5851–5855.

[24] 张继东,王志祥.中草药多糖的免疫调节机制及其应用[J].饲料工业,2006,27(6):1–4.

[25] 伍松陵,程树峰,唐芳,等.朴菇多糖粉对断奶仔猪免疫功能的影响及其机理研究[J].中国粮油学报,2009,24(8):113–118.

[26] HOLLAND M C H,LAMBRIS J D.The complement system in teleosts[J].Fish & Shellfish Immunology,2002,12(5):399–420.

[27] CARROLL M C.The complement system in regulation of adaptive immunity[J].Nature Immunology,2004,5(10):981–986.

[28] 许丹妮,马玉芳,李健,等.金线莲多糖对小鼠免疫功能的影响[J].福建农林大学学报:自然科学版,2013,42(5):536–538.

[29] 廖吕燕."芪苓"制剂多糖对免疫抑制小鼠肠道黏膜免疫及免疫调节作用的影响[D].硕士学位论文.福州:福建农林大学,2010.

[30] 王定发,周璐丽,周雄,等.假蒟提取物对断奶仔猪生长性能、血液指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(10):3233–3240.

[31] 刁新平,王利军,陈美霞,等.发酵白术对断奶仔猪生长性能和血清生化免疫指标的影响[J].东北农业大学学报,2014,45(10):64–73.

[32] 黄小燕.三聚氰胺对断奶仔猪的毒性效应和血浆清除规律的研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2009.

Effects of *Radix pseudostellariae* Stem and Leaf Polysaccharide on Growth Performance, Antioxidant Indexes, Immune Indexes and Biochemical Indexes in Serum of Weaned Piglets

CAI Xubin[1] CHEN Lingfeng[1] TAN Xinzhu[1] LIN Guoxu[2] MA Yufang[1*] HUANG Yifan[1*]

(1. *Key Laboratory of Traditional Chinese Veterinary Medicine and Animal Health in Fujian Province, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou* 350002, *China; 2. Putian Youlike Agriculture and Animal Husbandry Developing Co., Ltd, Putian* 351100, *China*)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of dietary *Radix pseudostellariae* stem and leaf polysaccharide (RPSLP) on growth performance, antioxidant indexes, immune indexes and

*Corresponding authors: MA Yufang, professor, E-mail: myfau850@sohu.com; HUANG Yifan, professor, E-mail: zjhyfang@163.com （责任编辑 李慧英）

biochemical indexes in serum of weaned piglets. One hundred and twenty 25-day-old “Large White×Landrace” weaned piglets were selected and randomly allocated into four groups including control group, groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ, with three replicates per group and 10 piglets per replicate. The piglets were fed a basal diet supplemented with 0, 500, 1 000 and 1 500 mg/kg RPSLP, the experiment lasted for 30 days. The results showed as follows: compared with the control group, 1) average daily gain (ADG) of weaned piglets in groups Ⅰ and Ⅱ was significantly increased (P<0.01), and the diarrhea rate in groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ was significantly decreased (P<0.01). 2) The activity of superoxide dismutase (SOD) in serum in groups Ⅱ and Ⅲ was significantly increased (P<0.01 or P<0.05). 3) The contents of immunoglobulin A (IgA) (P<0.01), complement 3 (C3) (P<0.01), complement 4 (C4) (P<0.01) and immunoglobulin M (IgM) (P<0.05) in serum in groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ were significantly increased. The content of immunoglobulin G (IgG) in serum in groups Ⅱ and Ⅲ was significantly increased (P<0.05). 4) The content of triglycerides (TG) in serum in groups Ⅰ, Ⅱ and Ⅲ was significantly decreased (P<0.01), and the content of urea nitrogen (UN) in serum in groups Ⅱ and Ⅲ was significantly decreased (P<0.01) and the content of albumin (ALB) in serum was significantly increased (P<0.01). It is concluded that dietary RPSLP can effectively increase ADG, decrease diarrhea rate, and improve immune function, antioxidant performance and biochemical indexes in serum of weaned piglets. The appropriate supplemental amount of RPSLP in diets of weaned piglets is 1 000 mg/kg under this experimental condition.

Key words: *Radix pseudostellariae* stem and leaf polysaccharide; weaned piglets; growth performance; antioxidant indexes, immune indexes; biochemical indexes